

■ Research Article



การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวตังอบกรอบที่มีสมบัติเชิงหน้าที่โดยใช้ข้าว ท่าดอยสะเก็ด

Development of rice crisp with functional properties using Doi Saket purple rice

เพ็ญรัตน์ พันธภัทรชัย¹, จรรยาธรรม ตันทีเจริญรัตน์ วุฒิจำนงค์^{*}
และมนรัตน์ เมืองใจ¹

¹วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 98
หมู่ 8, ตำบลป่าป๋อง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ 50200

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)

ประเทศไทยเป็นแหล่งปลูกข้าวหลากหลายสายพันธุ์ซึ่งแต่ละสายพันธุ์จะมีคุณค่าทางอาหารและสารพฤกษเคมีต่างกัน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพด้านความกรอบและสมบัติทางเคมีด้านปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและสารต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ข้าวตังแผ่นทอดกรอบ ที่มีส่วนผสมของวัตถุดิบ 3 ชนิด ได้แก่ ข้าว กข 43 แป้งข้าวเจ้าและข้าวท่าดอยสะเก็ด ทั้งหมด 3 สูตร ที่มีอัตราส่วนของวัตถุดิบแตกต่างกัน ได้แก่ สูตร 1 (1:1:8) สูตร 2 (5:1:4) และสูตรที่ 3 (9:1:0) นำส่วนผสมทั้งหมดมานึ่ง บดผสมตามสูตร และขึ้นรูปเป็นแผ่นวงกลมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.5 เซนติเมตร นำไปตากแดดให้แห้งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทอดในน้ำมันปาล์ม อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ข้าวตังแผ่นทอดกรอบทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีจากการศึกษาพบว่า ผลิตภัณฑ์ข้าวตังแผ่นทอดกรอบในทุกสูตรจะมีค่าแรงกดที่ก่อให้เกิดการแตกหัก (fracturability) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ข้าวตังแผ่นทอดกรอบจะมีค่าความกรอบอยู่ในช่วงระหว่าง 6.26- 4.58 นิวตัน ผลการทดสอบสมบัติทางเคมีพบว่า สูตรที่ 1, 2 และ 3 มีปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 29.7, 20.1 และ 8.2 mgGAE/100gDW ตามลำดับ มีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเมื่อทดสอบด้วย วิธี FRAP เท่ากับ 98.6, 89.9 และ 29.6 mgGAE/100gDW ตามลำดับ

คำสำคัญ: ข้าวตัง, ข้าวท่าดอยสะเก็ด, ความกรอบ, สารฟีนอลิก, การต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

There are numerous types of rice grown in Thailand, each with unique nutritional and phytochemical properties. This study aims to evaluate a physical property, crispness, and chemical properties, total phenolic content and antioxidant activity of three formula rice crisp. The rice crisp contains three types of raw materials: RD 43 rice, rice flour, and Khao Kam Doi Saket. Each of the three formulas has a different raw material ratio: formula 1 (1:1:8), formula 2 (5:1:4), and formula 3 (9:1:0). The raw materials were steamed and cooked thoroughly mixed per the ratio of each formula. The mixture was shaped in circle with 4.5 cm in diameter and sun-dried for 48 hours. The dried samples were deep fried in 180°C palm oil before

Received:

6 Feb 2023

Revised:

31 Jul 2023

Accepted:

25 Sep 2023

Published:

25 Sep 2023

*Corresponding

Author:

nichkamol@rmutl.ac.th

Copyright:

© Rajamangala
University of
Technology Lanna.
All right reserved

ISSN

Print: 2586-8500

Electronic: 2586-8632

subjected to physical and chemical property evaluation. The results showed that the fracturability of all rice crisp formulas were significantly different at 95% confidence level ($p < 0.05$). The crispness of the rice crisps ranged between 4.58 and 6.26 N. Furthermore, chemical property evaluation revealed that TPCs of formula 1, 2 and 3 were 29.7, 20.1, and 8.2 mgGAE/100gDW, respectively. FRAP values were 98.6, 89.9, and 29.6 mgGAE/100gDW in formula 1, 2 and 3, respectively.

Keywords: Rice crisp, Purple Rice, Crispiness, Total phenolic content, antioxidant activity,

1. บทนำ

ประเทศไทยจัดเป็นประเทศเกษตรกรรมและเป็นแหล่งอาหารสำคัญของโลก นอกจากข้าวที่ส่งออกเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่แล้ว ประเทศไทยยังมีเอกลักษณ์ของข้าวเชิงพื้นที่ซึ่งส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพและรสชาติ มีความแตกต่างกันตามเขตภูมิศาสตร์ ในปี 2554 กรมการข้าวได้มีการขึ้นทะเบียน ข้าวสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์หรือข้าวจีไอ (Geographical Indication ; GI) สำหรับข้าวทั้งหมด 15 สายพันธุ์ ที่เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของคนในชุมชนที่เกี่ยวข้องกับภูมิศาสตร์นั้นและภูมิปัญญาของคนในชุมชนในการผลิตสินค้า ซึ่ง 1 ใน 15 สายพันธุ์ที่ได้รับคัดเลือก ได้แก่ “ข้าวท่าดอยสะเก็ด” ซึ่งเป็นผลผลิตข้าวหนึ่งในเขตภูมิภาคภาคเหนือตอนบนที่สามารถปลูกได้ในอำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ลำต้นมีลักษณะเป็นสีม่วงเข้มหรือสีดำเปลือกเมล็ดสีม่วงเมล็ดข้าวกลวงสีม่วงขนาดเมล็ดกว้างประมาณ 3.3 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 9.7 มิลลิเมตร หนาประมาณ 1.91 มิลลิเมตร เป็นข้าวที่มีเมล็ดข้าวสีม่วงหรือสีดำมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีสารแกมมาโอไรซานอล (gamma-oryzanol) สารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) และมีวิตามินอี (vitamin E) ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายระดับสูง เนื่องจากความสนใจในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพนั้นเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและมีส่วนประกอบเชิงหน้าที่ (functional ingredients) และนอกจากข้าวท่าดอยสะเก็ดแล้ว ประเทศไทยยังมีข้าวสายพันธุ์ กข43 ซึ่งได้รับการพัฒนาสายพันธุ์โดยมีคำดัชนีน้ำตาลอยู่ในระดับปานกลาง จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเมื่อทดแทนข้าวเหนียวขาวด้วยข้าวเหนียวดำร้อยละ 0 (พื้นฐาน) 20 25 และ 30 โดยน้ำหนักข้าวเหนียวขาว เมื่อปริมาณของข้าวเหนียวดำเพิ่มขึ้นข้าวเกรียบว่าวจะมีค่าออกซิเจนอิสระและความแข็งเพิ่มขึ้น มีปริมาณความชื้น L^* , Hue, Chroma และความกรอบลดลง (ศาริณี., 2017) และศึกษาการพัฒนาเส้นก๋วยเตี๋ยวด้วยแป้งข้าวไรซ์เบอร์รี่ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงขึ้น พบว่าผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยโปรตีน $9.50 \pm 0.13\%$ ไขมัน $6.38 \pm 0.06\%$ และอะมิโลส $23.33 \pm 0.00\%$ จากการศึกษาฤทธิ์ทางชีวภาพ พบว่า ปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และแอนโทไซยานินทั้งหมดเท่ากับ 495 ± 0.00 มก. เทียบเท่ากรดแกลลิก/100 ก., เควอซิทิน 400 ± 0.00 มก./100 ก. และ 263.73 ± 0.00 มก. เทียบเท่า Cy-3-G/100 ก. ตามลำดับ (Thongkaew et al., 2020) และศึกษาคุณภาพข้าวเกรียบว่าว โดยใช้ข้าวเหนียว 4 สายพันธุ์ ที่มีการเพาะปลูกมากในจังหวัดน่านคือ ข้าวพันธุ์ กข 6 ข้าวพันธุ์มะลิหอม ข้าวพันธุ์สันป่าตอง และข้าวพันธุ์หวัน 1 เมื่อนำมาอบด้วยเตาไมโครเวฟที่ระดับความร้อน 800 วัตต์ เป็นเวลา 2 นาที พบว่า ข้าวที่มีอัตราการพองตัวสูงที่สุดคือ ข้าวเหนียวพันธุ์ กข 6 โดยข้าวเกรียบว่าวที่ทำจากข้าวเหนียว กข 6 และข้าวเหนียวมะลิหอม มีค่าความแข็งไม่แตกต่างกัน (จิรัชต์ และคณะ., 2021) จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ทีมวิจัยจึงสนใจศึกษาเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพด้านความกรอบและสมบัติทางเคมีด้านปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและสารต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ข้าวตังแผ่นทอดกรอบ

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพด้านความกรอบและสมบัติทางเคมีด้านปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและสารต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ข้าวตังแผ่นทอดกรอบ

3. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 ข้าวตังดิบ

ข้าวตังดิบ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำข้าวสุกที่ติดเป็นแผ่นอยู่กันหม้อ หรือ กระทะ มาทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์หรือแหล่งพลังงานอื่น หรือได้จากการนำข้าว เช่น ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว มาล้างให้สะอาด หุงสุก อาจนำมาบดหยาบ แล้วผสมน้ำแป้ง เช่น น้ำแป้งมันสำปะหลังที่ผ่านการต้มจนสุก อาจเติมส่วนผสมอื่น เช่น ชาเขียว สบุนไฟ แล้วทำให้เป็นแผ่นบางหรือรูปทรงอื่น ทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ หรือแหล่งพลังงานอื่น (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2010)



รูปที่ 1 แผ่นข้าวตังทอดกรอบ

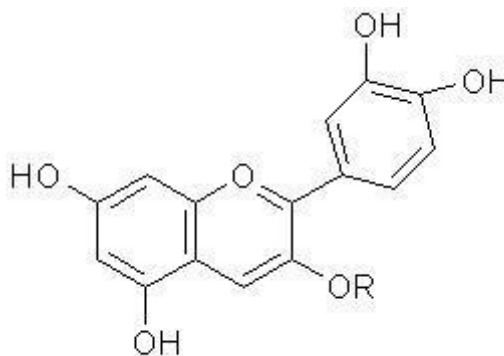
3.2 ข้าวท่าดอยสะเก็ด

ข้าวท่าดอยสะเก็ด เป็นข้าวเหนียวดำที่มีเมล็ดสีม่วงเข้ม ขนาดเมล็ดกว้างประมาณ 3.3 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 9.7 มิลลิเมตร หนาประมาณ 1.91 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 2 ข้าวท่าหรือข้าวเหนียวดำมักจะถูกนำมาใช้บริโภคเป็นอาหาร อีกทั้งยังนิยมใช้เป็นส่วนผสมหลักในการทำขนมต่างๆ และนำไปใช้เป็นสบุนไฟ เช่น ใช้ทำเป็นข้าวหลาม รักษาโรคท้องร่วง หรือใช้รักษาอาการตกเลือดของหญิงคลอดลูก จึงนับว่าเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นล้านนาทางโภชนศาสตร์ เกษตรและเภสัชศาสตร์ จากการวิจัยพบว่า ข้าวท่าดอยสะเก็ดมีสารที่เป็นประโยชน์ คือ แกมมาโอไรซานอล (gamma-oryzanol) สูงกว่าข้าวขาว 2-3 เท่า และยังมีสารสีที่พบในข้าวท่า คือ โพรแอนโทไซยานินและสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) และมีวิตามินอีในระดับที่สูง นอกจากนี้งานวิจัยยังพบว่าแกมมาโอไรซานอลเมื่อทำงานร่วมกับแอนโทไซยานินจะมีคุณสมบัติโดดเด่นในการต้านอนุมูลอิสระ สารชะลอความแก่ เพิ่มภูมิคุ้มกัน และลดคอเลสเตอรอล ป้องกันการเกิดมะเร็ง โรคอ้วน ความดัน โรคหัวใจ และความจำเสื่อม (พรีนันท์ และคณะ, 2014)



รูปที่ 2 ข้าวท่าดอยสะเก็ด

สารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) เป็นกลุ่มของรงควัตถุที่มีสีแดงไปจนถึงสีม่วง หรือสีน้ำเงิน พบในผัก ผลไม้ และดอกไม้ ละลายอยู่ใน vacuole sap ในเซลล์ของพืช เช่น มะเขือม่วง กะหล่ำปลีสีม่วง แอปเปิ้ล กระจับปี่ องุ่น และผลไม้ประเภทเบอร์รี่ เป็นต้น สามารถละลายน้ำได้แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายประเภท non-hydroxyl เช่น acetone, chloroform และ ether (Lazze et al, 2004) โครงสร้างทางเคมีของแอนโทไซยานินดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 โครงสร้างทางเคมีของแอนโทไซยานิน (Anthocyanin)

(ที่มา: <https://sites.google.com/site/anthocyanin1454/>)

3.3 ข้าว กข43

ข้าว กข43 เป็นชื่อพันธุ์ข้าวเจ้า ข้าวขาว ที่มีความโดดเด่นเรื่องดัชนีน้ำตาลปานกลาง ค่อนข้างต่ำ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ คือ *Oryza sativa* L. ไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยวสั้น ประมาณ 95 วัน ข้าว กข 43 มีคุณสมบัติพิเศษ คือ มีค่าดัชนีน้ำตาลต่ำกว่าข้าวสายพันธุ์อื่น โดยมีค่าดัชนีน้ำตาลอยู่ที่ 57.5 ต่ำกว่าข้าว กข 15 ที่มีดัชนีน้ำตาล 69.1 ข้าวพิษณุโลก 80 มีค่าดัชนีน้ำตาลอยู่ที่ 59.5 (Nilkamheang, 2021) นอกจากนี้ยังมีค่าอะมิโลสที่ 18.82 % ทำให้ข้าว กข 43 มีความอ่อนนุ่ม รับประทานง่าย (ใกล้เคียงข้าวหอมดอกมะลิ 105) (ศูนย์ข้อมูลข้าวตลาดเฉพาะ, 2022)



รูปที่ 4 ข้าว กข 43

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 สารเคมีและวัสดุ

ข้าวท่าพันธุ์ดอยสะเก็ด ข้าวสวย Low GI และแป้งข้าวเจ้า ชื่อจากเกษตรกร และตลาดในจังหวัดเชียงใหม่ สารเคมีทุกชนิดเป็นเกรดสำหรับการตรวจวิเคราะห์ (analytical grade) Folin ciocalteu reagent จาก Loba Chemie ประเทศอินเดีย FeCl_3 จาก Quality Reagent chemical ประเทศนิวซีแลนด์ Acetate buffer, 2,4,6-Tris(2-pyridyl)-s-triazine (TPTZ) และ Gallic acid จาก Sigma-Aldrich ประเทศสิงคโปร์

4.2 การศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตและขึ้นรูปข้าวตังแผ่นทอดกรอบ

ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวตังแผ่นทอดกรอบ โดยมีการกำหนดอัตราส่วนของส่วนผสมระหว่าง ข้าว กข 43 : แป้งข้าวเจ้า : ข้าวท่า ทั้งหมด 3 สูตร ดังนี้ สูตรที่ 1 1:1:8 สูตรที่ 3 5:1:4 และสูตรที่ 5 9:1:0 ดังตารางที่ 3.1 ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของข้าวตังแผ่นทอดกรอบ

สูตร	ปริมาณ (อัตราส่วน)		
	ข้าว กข 43	แป้งข้าวเจ้า	ข้าวท่า
1	1	1	8
2	5	1	4
3	9	1	0

4.3 ขั้นตอนการผลิตข้าวตังแผ่นทอดกรอบ

แช่ข้าวท่าและข้าว กข 43 เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วนึ่งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนักของส่วนผสมที่สุกแล้วก่อนนำไปผสมในอัตราส่วนที่ต้องการศึกษา ทั้ง 3 สูตร ดังข้อที่ 4.2 บดส่วนผสมและเกลี่ยลงบนแผ่นพลาสติกสำหรับอาหาร ตัดโดยใช้พิมพ์ตัดคุกกี้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 เซนติเมตร นำไปตากแดดให้แห้งโดยใช้เวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำแผ่นข้าวตังดิบไปทอดในน้ำมันปาล์มที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส จนแผ่นข้าวตังสุก กรอบ ผลิตภัณฑ์สุดท้ายจะถูกเก็บไว้ในถุงซีลล๊อคก่อนนำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ คุณลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความกรอบด้วยเครื่องวิเคราะห์พื้นผิวและวิเคราะห์หาสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

4.4 การวิเคราะห์คุณภาพลักษณะทางเนื้อสัมผัส

นำตัวอย่างข้าวตังทอดกรอบ ทั้ง 3 สูตร ไปวิเคราะห์ค่าความกรอบ โดยใช้เครื่อง Texture Analyzer รุ่น CT3 Texture Analyzer ยี่ห้อ Brookfield

4.5 การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด

วิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolics) ด้วยวิธี Folin ciocalteu reagent (Şengül et al, 2011) โดยใช้สารสกัด 0.2 มิลลิลิตร เติมน้ำ 10% Folin ciocalteu phenol มิลลิลิตร เติมน้ำละลาย 7.5% Sodium carbonate ผสมให้เข้ากัน ตั้งไว้ 30 นาทีในที่มืด วัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร และคำนวณเทียบกับกราฟสารมาตรฐานของกรดแกลลิก (gallic acid)

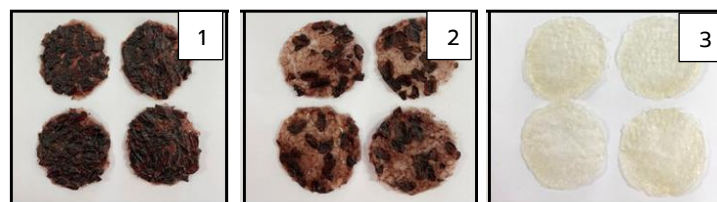
4.6 การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

การทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี Ferric ion reducing antioxidant power (FRAP) assay เป็นวิธีที่ ดัดแปลงจาก Wiwat and Wallaya (2009) (lu et al, 2011) โดยใช้กรดแกลลิก (gallic acid) เป็นสารมาตรฐาน โดยเตรียม FRAP reagent ในอัตราส่วน (0.1 M acetate buffer : 0.02 M FeCl₃ : 0.01 M TPTZ = 10 : 1 : 1) ทำการทดสอบสารตัวอย่างโดยผสมสารตัวอย่าง 0.2 มิลลิลิตร กับสารละลาย FRAP reagent มิลลิลิตร ตั้งไว้ 30 นาทีในที่มืด วัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร และคำนวณเทียบกับกราฟสารมาตรฐานของกรดแกลลิก (gallic acid)

5. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

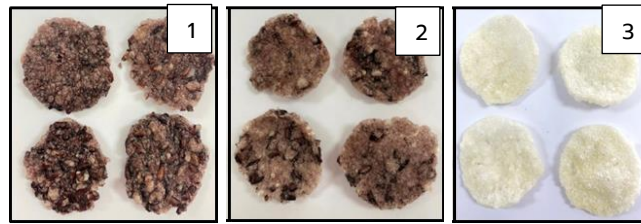
5.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวตังแผ่นทอดกรอบ

การผลิตข้าวตังแผ่นทอดกรอบ ทั้ง 3 สูตร ที่มีความแตกต่างกันด้านอัตราส่วนผสมระหว่าง ข้าวทข 43 : แป้งข้าวเจ้า : ข้าวท่าอดยสะเกิด ได้แก่ สูตรที่ 1 1:1:8 สูตรที่ 2 5:1:4 และสูตรที่ 3 9:1:0 ตามลำดับ พบว่า ทุกสูตรการผลิตสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นข้าวตังให้เป็นวงกลมได้ แต่มีความแตกต่างกันเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า โดยแผ่นข้าวตังก่อนทอดทั้ง 3 สูตรจะมีลักษณะแผ่นที่มีความแข็งและบาง มีสีม่วงเข้มตามอัตราส่วนการผสมข้าวท่าอดยสะเกิด จะเห็นว่าสูตรที่มีการผสมข้าวท่าอดยสะเกิดในอัตราส่วนที่มาก แผ่นข้าวตังจะมีสีม่วงเข้ม ดังรูปที่ 5 (1) และอัตราส่วนที่ไม่มีการผสมข้าวท่าอดยสะเกิดจะแสดงแผ่นข้าวตังที่มีสีขาว ดังรูปที่ 5 (3) และสีม่วงเข้มที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าจะมีความสัมพันธ์กับอัตราส่วนของข้าวท่าที่ผสมลงไปก่อนการขึ้นรูปเป็นแผ่นข้าวตังดิบ (ข้าวตังแผ่นก่อนทอด) ดังรูปที่ 5 (1)-(3)



รูปที่ 5 ผลิตภัณฑ์ข้าวตังก่อนทอด ที่อัตราส่วนของส่วนผสมระหว่าง ข้าวทข 34 : แป้งข้าวเจ้า : ข้าวท่าอดยสะเกิด ทั้งสาม 3 สูตร ดังนี้ (1) สูตรที่ 1 1:1:8 (2) สูตรที่ 2 5:1:4 และ (3) สูตรที่ 3 9:1:0

ในขณะที่หลังจากนำข้าวตังแผ่นดิบไปทอดกรอบจะพบว่า ทุกสูตรมีการพองตัวเพิ่มขึ้นจากเดิมเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่า โดยผิวสัมผัสของแผ่นข้าวตังทอดกรอบไม่เรียบ และมีความฟูของเมล็ดข้าว ดังรูปที่ 6 (1)-(3)



รูปที่ 6 ผลผลิตที่ข้าวตังแผ่นหลังทอด ที่อัตราส่วนของส่วนผสมระหว่าง ข้าวทก 34 : แป้งข้าวเจ้า : ข้าวท่าดอยสะเก็ด ทั้งหมด 3 สูตร ดังนี้ (1) สูตรที่ 1 1:1:8 (2) สูตรที่ 2 5:1:4 และ (3) สูตรที่ 3 9:1:0

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของข้าวตังแผ่นทอดกรอบด้านร้อยละของค่าความกรอบ

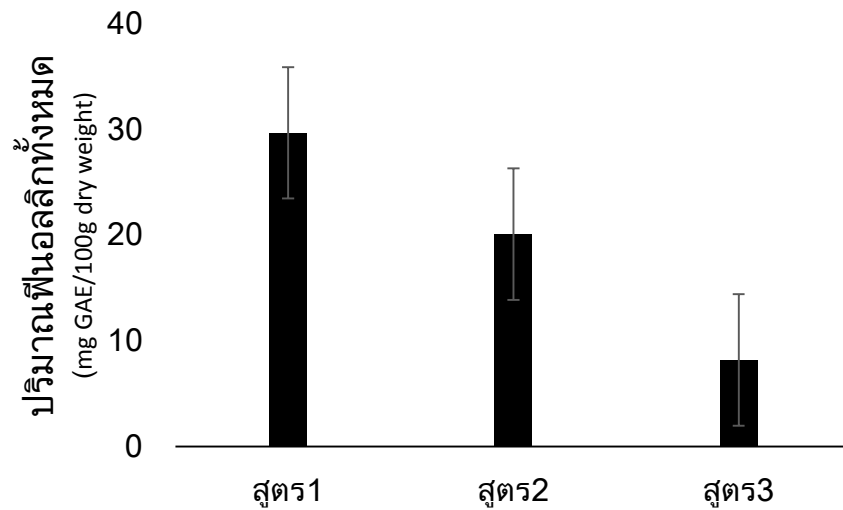
สูตรที่	อัตราส่วนวัตถุดิบ ข้าวทก 34 : แป้งข้าวเจ้า : ข้าวท่าดอยสะเก็ด	ค่าความกรอบ (N)
1	1:1:8	4.58 ^a ±1.80
2	5:1:4	6.26 ^b ±2.39
3	9:1:0	5.63 ^{ab} ±2.29

หมายเหตุ : - ด้วยในคอลัมน์แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $p < 0.05$
- อัตราส่วนของส่วนผสมระหว่าง ข้าวทก 34: แป้งข้าวเจ้า: ข้าวท่าดอยสะเก็ด สูตรที่ 1 1:1:8 สูตรที่ 2 5:1:4 และสูตรที่ 3 9:1:0

เมื่อทำการทดสอบค่าความกรอบด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (texture analyzer) พบว่า ผลผลิตที่ข้าวตังแผ่นทอดกรอบในทุกสูตรจะมีค่าแรงกดที่ก่อให้เกิดการแตกหัก (fracturability) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) โดยผลผลิตที่ข้าวตังแผ่นทอดกรอบจะมีค่าความกรอบอยู่ในช่วงระหว่าง 6.26 – 4.58 นิวตัน แสดงผลดังตารางที่ 2 เห็นได้ว่าสูตรที่ 1 จะมีค่าแรงกดต่ำที่สุด เท่ากับ 4.58 นิวตัน แสดงว่าผลผลิตที่ข้าวตังแผ่นทอดกรอบมีความกรอบมากที่สุด ในขณะที่สูตรที่ 2 จะมีค่าแรงกดสูงที่สุด เท่ากับ 6.26 นิวตันแสดงว่าผลผลิตที่ข้าวตังแผ่นทอดกรอบมีความกรอบน้อยที่สุด

5.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวตังแผ่นทอดกรอบ

5.11 การวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ข้าวตังแผ่นทอดกรอบ



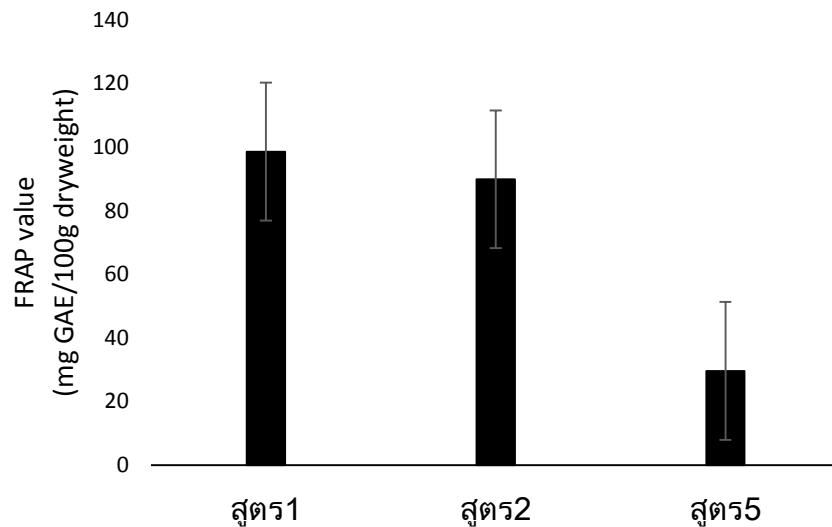
รูปที่ 7 ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดจากตัวอย่างข้าวตังแผ่นทอดกรอบ สูตรที่ 1 สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3

จากการศึกษาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด ของข้าวตังทอดกรอบทั้ง 3 สูตร ได้แก่ (1) สูตรที่ 1 1:1:8 (2) สูตรที่ 2 5:1:4 และ (3) สูตรที่ 3 9:1:0 จะมีค่า ฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 29.7, 20.1 และ 8.2 mgGAE/100gDW ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ปริมาณฟีนอลิกจะเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับปริมาณของข้าวต้มที่ดองสะเด็ด โดยอัตราส่วนของส่วนผสมระหว่าง ข้าวทข 34 : แป้งข้าวเจ้า : ข้าวต้มดองสะเด็ด ในสูตรที่ 1 ที่มีการเติมอัตราส่วนของข้าวต้มดองสะเด็ด ที่ 1:1:8 จะมีค่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 29.7 mgGAE/100gDW และในสูตรที่ 3 ไม่มีการผสมข้าวต้มดองสะเด็ดจะแสดงปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดน้อยที่สุดเท่ากับ 8.2 mgGAE/100gDW แสดงดังรูปที่ 7 อาจเนื่องมาจากข้าวที่มีส่วนของรงควัตถุจะมีสารประกอบของ สาร flavonoids จัดเป็นสารสำคัญในเมล็ดสีของพืชและเป็นสารประกอบในฮอริโมนพืช ที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ โดยจะพบสารฟีนอลิกประเภท ferulic acid และ p-coumaric acid เป็นสารประกอบหลักในข้าวด้วย(Tian et al., 2004) ในขณะที่สภาวะปกติพืชวงศ์ข้าวก็จะมีกรดฟีนอลิกเป็นสารประกอบอยู่แล้ว ได้แก่ hydroxybenzoic acid, vanillic acid, chlorogenic acid, caffeic acid, p-coumaric acid และ ferulic acid ซึ่งจัดเป็นฟีนอลิกที่มีโครงสร้างอย่างง่าย ดังนั้นหากมีการผสมข้าวชนิดที่มีรงควัตถุก็จะทำให้ค่าฟีนอลิกรวมมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน

4.12 การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ข้าวตังแผ่นทอดกรอบ

ในตัวอย่างข้าวตังทอดกรอบทั้ง 3 สูตร ที่มีอัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบแตกต่างกัน ดังนี้ ข้าวทข 34: แป้งข้าวเจ้า: ข้าวต้มดองสะเด็ด สูตรที่ 1 1:1:8 สูตรที่ 2 5:1:4 และสูตรที่ 3 9:1:0 เมื่อนำตัวอย่างมาทดสอบหาฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP พบว่าจะมีค่าการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 98.6, 89.9 และ 29.6 mg GAE/100g DW ตามลำดับ โดยสูตรที่ 1 ที่มีการเติมเข้าข้าวต้มดองสะเด็ดในปริมาณที่มากที่สุดจะแสดงค่าการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดเท่ากับ 98.6 mgGAE/100gDW

และสูตรที่ 3 ไม่มีการผสมข้าวต้มดอยสะเก็ดลงไปในสูตรจะแสดงค่าการต้านอนุมูลอิสระน้อยที่สุด เท่ากับ 29.6 mgGAE/100gDW แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 FRAP value จากตัวอย่างข้าวตังแผ่นทอดกรอบ สูตรที่ 1 สูตรที่ 2 และสูตรที่ 3

จะเห็นได้ว่าหากมีการผสมข้าวต้มดอยสะเก็ดในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับค่าการต้านอนุมูลอิสระที่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากกลุ่มของรงควัตถุให้สีในพืชส่วนใหญ่จะมีกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิกที่แตกต่างกัน ซึ่งสารเหล่านี้มีสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยในข้าวตังระกูลโรซเบอรี่ ข้าวต้ม ที่มีรงควัตถุสีแดง ม่วง ซึ่งเกิดจาก สารแอนโทไซยานิน ซึ่งจัดเป็นสารฟีนอลิกชนิดหนึ่ง ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ(ศิริพร, 2559; Wang et al., 1999) โดยมากสะสมอยู่ในเยื่อหุ้มเมล็ด

7. บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพด้านความกรอบและสมบัติทางเคมีด้านปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและสารต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ข้าวตังแผ่นทอดกรอบ ที่มีปริมาณอัตราส่วนของวัตถุดิบ 3 ชนิดที่แตกต่างกัน ได้แก่ ข้าวทข 34 : แป้งข้าวเจ้า : ข้าวต้มดอยสะเก็ด และทำการศึกษา ทั้งหมด 3 สูตร ดังนี้ (1) สูตรที่ 1 1:1:8 (2) สูตรที่ 2 5:1:4 และ(3) สูตรที่ 3 9:1:0 ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่า เมื่อทดสอบสมบัติทางกายภาพด้านความกรอบ ข้าวตังแผ่นทุกสูตรจะมีความกรอบที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ข้าวตังแผ่นทอดกรอบจะมีค่าความกรอบอยู่ในช่วงระหว่าง 6.26 – 4.58 นิวตัน สูตรที่ 1 จะมีค่าแรงกดต่ำที่สุด เท่ากับ 4.58 นิวตัน แสดงว่าผลิตภัณฑ์ข้าวตังแผ่นทอดกรอบมีความกรอบมากที่สุด เมื่อทำการทดสอบสมบัติทางเคมี พบว่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ข้าวตังแผ่นทอดกรอบ สูตรที่ 1 จะให้ค่าสูงที่สุดเท่ากับ 29.7 และ 96.8 mgGAE/100gDW ตามลำดับ โดยทั้งสองค่าที่สูงที่สุดมีความสัมพันธ์กับปริมาณอัตราส่วนข้าวต้มดอยสะเก็ดที่มีการผสมในสูตรข้าวตังมากที่สุด

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการในการสนับสนุนแหล่งทุนสำหรับงบประมาณ ภายใต้ทุนสนับสนุน fundamental fund ปี 2565 และสนับสนุนสถานที่ในการทดลองวิจัยในครั้งนี้

9. เอกสารอ้างอิง

- ชมนาด แปลงมลายี และ นุชนาค มีนาสันติรักษ์. (2021). พัฒนาตำรับอาหารและวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของอาหารท้องถิ่น เพื่อสร้างเสริมสุขภาพผู้ป่วยโรคเบาหวาน. วารสารสังคมศาสตร์เพื่อการพัฒนาสู่ท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, ปีที่ 5, ฉบับที่ 4
- สำนักงานราชบัณฑิตยสภา.(2010). ข้าวตั้ง. สืบค้น 28 กันยายน 2565, จาก <https://shorturl.asia/yCJM3>
- พริ้นท์ มาปิ่น และ คณะ. (2014). การคัดเลือกในข้าวต้นเพื่อลักษณะแอนโทไซยานินในเมล็ดและไมโทตอแสงในลูกผสมชั่วที่ 2 ระหว่างข้าวพันธุ์เก่าดอยสะเก็ดและปทุมธานี. วารสารเศรษฐพะเยา, 7(2), 160-171.
- ศูนย์ข้อมูลข้าวตลาดเฉพาะ. (2022). ข้าว กข43. สืบค้น 28 กันยายน 2565, จาก <https://www.thairicedb.com/rice-detail.php?id=27>.
- ศาริณี รอดประชา. (2017). การผลิตข้าวเกรียบว่าวจากข้าวเหนียวดำ.ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีการอาหาร) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, วท.ม. (อุตสาหกรรมเกษตร): 66.
- ศิริพร คำชุ่ม. (2559). การพัฒนาเครื่องต้มข้าวหมากจากข้าวมีสีที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร). มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, พิษณุโลก.
- Escribano-Bailon, M.T. and Santos-Buelga, C. (2003). Polyphenol Extraction from Foods. In: Santos-Buelga, C., Ed., Methods in Polyphenol Analysis. Royal Society of Chemistry, London, 1-12.
- Food wiki. (2023). Functional foodสืบ. ค้น24 มกราคม 2565, จาก <https://shorturl.asia/rM46a>
- Lazze, M.C., Savio, M., Pizzala, R., Cazzalini, O., Perucca, P., Scovassi, A.I., Stivala, L.A., Bianchi, L. (2004) . Anthocyanins induce cell cycle perturbations and apoptosis in different human celllines. Carcinogenesis, 25: 1427-1433.
- Lu, X., Ross, C. F., Powers, J. R., Aston, D. E., and Rasco, B. A. (2011). Determination of total phenolic content and antioxidant activity of garlic (*Allium sativum*) and elephant garlic (*Allium ampeloprasum*) by attenuated total reflectance-Fourier transformed infrared spectroscopy. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59(10), 5215-21.
- Nuttawut, L. Janpen, S. Siriporn, T. Wasan, P. (2020). Aran P. Development of High Anthocyanin Crispy Rice Bar. Suan Sunandha Science and Technology Journal, 7(1), 34-42.
- Şengül, M., Yildiz, H., and Kavaz A. (2011) The Effect of Cooking on Total Polyphenolic Content and Antioxidant Activity of

- Selected Vegetables. *International Journal of Food Properties*, 17(3), 481–490.
- Wang R. (1999). Quantitative structure-activity relationship analysis of phenolic antioxidants. Shandong Medical University, Jinan, Shandong 250012, P. R. China, 26, 285-294.
- Thongkaew, C. and Singthong, J. (2020). Effect of partial substitution of Riceberry rice flour on rice noodles quality. *Food Research* 4 (Suppl. 4), 9 – 16.
- Tian, S., K. Nakamura and H. Kayahara. (2004). Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice and germinated brown rice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(15), 4808-4813.